

ANALISIS ANOMALI KETINGGIAN SEMU LAPISAN F IONOSFER ($h'F$) SEBAGAI PREKURSOR TERJADINYA GEMPA LAUT (Studi kasus terhadap 2 sampel gempa laut di Sumatera Barat)

Rika Desrina Saragih¹, Dwi Pujiastuti¹, Ednofri²

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas

²Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Palupuh, Sumatera Barat

e-mail: rikadesrinasaragih@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis kualitatif untuk korelasi antara aktivitas seismik sebelum gempa besar ($M \geq 5$ SR) dengan ketinggian semu lapisan F ionosfer ($h'F$) untuk 2 sampel gempa laut di Sumatera Barat. Sampel gempa laut yang dipilih adalah gempa Pariaman (30 September 2009) dan gempa Pesisir Selatan (07 Februari 2013). Data ionosfer yang digunakan adalah ionogram yang diperoleh dari ionosonda *Frequency Modulation Continous Wave* (FMCW) di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Palupuh, Sumatera Barat. Proses *scaling* ionogram untuk kedua gempa selama 7 hari sebelum gempa dilakukan dan diproses lebih lanjut untuk mendapatkan nilai variasi harian $h'F$. Nilai variasi harian $h'F$ kemudian dibandingkan dengan nilai mediannya untuk melihat anomali yang muncul. Berdasarkan pada analisis yang dilakukan, ditemukan bahwa untuk kedua sampel gempa, prekursor mulai muncul pada saat 7 hari sebelum gempa. Total munculnya prekursor untuk gempa Pariaman sebanyak 7 kali dan untuk gempa Pesisir Selatan sebanyak 2 kali. Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari kedua gempa. Kata kunci : ionosfer, $h'F$, prediksi gempa.

ABSTRACT

Corellation between seismic activity prior to strong earthquake ($M \geq 5$ SR) and ionosphere's F -layer height ($h'F$) was analyzed qualitatively using 2 earthquake events occurred in West Sumatera. The earthquakes chosen were Pariaman earthquake (September 30, 2009) and South Pesisir earthquake (February 07, 2013). Ionospheric data used were ionogram from ionosonde *Frequency Modulation Continous Wave* (FMCW) retrieved at LAPAN (National Space and Airline Agency), Palupuh, West Sumatera. Ionogram scaling for 7 days before earthquake were performed to get $h'F$ daily values, then the values are compared with their medians to find anomalies. From analysis, precursor were found 7 days before both earthquake events. Precursor occurrence for Pariaman earthquake is 7 times and for Pesisir Selatan earthquake is 2 times. Difference in precursor occurrence is probably due to different characteristic of each earthquake.

Keywords : ionosphere, $h'F$, earthquake prediction.

I. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah tanah yang berguncang akibat patahan atau pergeseran mendadak yang terjadi di dalam kerak bumi. Dampak yang ditimbulkan oleh gempa bumi, yaitu : getaran atau guncangan tanah (*ground shaking*), likuifaksi (*likuifaction*), tsunami, longsoran tanah dan bahaya sekunder seperti arus pendek dan gas bocor yang dapat menyebabkan kebakaran, memakan korban jiwa dan mengakibatkan kerugian dalam sisi perekonomian. Mengingat besarnya dampak dan kerugian yang diakibatkan oleh gempa bumi maka muncul gagasan untuk memantau, mempre-deteksi bahkan memprediksi kapan terjadinya sebuah gempa bumi secara komprehensif.

Metode prediksi gempa dengan memperhatikan kondisi fisis di sekitar episenter gempa semakin giat dikembangkan seperti pengukuran terhadap anomali emisi gas radon dan pengukuran air tanah. Beberapa fenomena lain juga telah dikenali sebagai prekursor gempa bumi misalnya perubahan medan magnet, perubahan medan elektromagnetik, perubahan medan listrik, perubahan medan gravitasi dan gangguan di ionosfer sebelum terjadinya gempa bumi.

Pengamatan terhadap gangguan di ionosfer sebelum terjadinya gempa bumi merupakan salah satu metode yang sedang berkembang saat ini. Ionosfer merupakan lapisan yang terletak pada ketinggian sekitar 50 km hingga sekitar 1000 km dari permukaan bumi, dan mengandung partikel-partikel bermuatan (Kaloka et al., 2010). Deformasi pada zona persiapan gempa akan

menyebabkan radon yang tersimpan dalam batuan terlepas ke udara dan meluruh. Energi hasil peluruhan radon mengionisasi atom di atmosfer dan menyebabkan perubahan komposisi ion di ionosfer (Pulinets dan Legen'ka, 2003; Pulinets dan Boyarchuck, 2004). Karena gempa bumi menyebabkan perubahan komposisi ion di ionosfer (Pulinets dan Legen'ka, 2003; Pulinets dan Boyarchuck, 2004) maka gangguan yang terjadi di ionosfer dapat dijadikan sebagai salah satu prekursor gempa bumi dengan memanfaatkan ionosonda yang telah terpasang dan memberikan rekaman citraan keadaan lapisan ionosfer.

Sebagai studi awal yang sedang berkembang, maka dianggap perlu untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai korelasi antara gangguan yang terdapat di lapisan ionosfer terhadap gempa bumi khususnya pengembangan terhadap parameter yang terdapat pada lapisan F ionosfer. Lapisan F ionosfer ini merupakan satu dari tiga lapisan yang terdapat pada ionosfer yang berada pada rentang ketinggian $\pm 140 - 210$ km. Ketika siang hari lapisan F ini terbagi menjadi 2 lapisan yaitu lapisan F_1 dan F_2 dan ketika malam hari lapisan ini bergabung hanya menjadi 1 lapisan yaitu lapisan F . Melihat keberadaan dari lapisan ini maka dapat diketahui bahwa karakteristik utama dari lapisan F adalah lapisan yang selalu ada (24 jam) sehingga membuat lapisan ini dapat menjadi prekursor yang baik untuk memprediksi terjadinya sebuah gempa bumi. Prekursor gempa dapat terjadi pagi, siang, sore atau malam hari sehingga dengan mengamati anomali pada lapisan F tidak akan ada waktu yang terlewatkan.

Anomali ketinggian semu lapisan F ($h'F$) dapat disebabkan oleh dorongan dari gelombang gravitasi akustik yang disinyalir akibat adanya gempa bumi, badai magnetik dan aktivitas matahari. Pada penelitian ini akan dilakukan peninjauan terhadap badai magnetik dan aktivitas matahari untuk memastikan bahwa anomali yang terjadi pada ketinggian semu lapisan F ($h'F$) hanya disebabkan oleh adanya dorongan dari bawah yaitu gempa bumi.

Gempa yang dijadikan sampel penelitian ini merupakan 2 sampel gempa laut di Sumatera Barat dengan magnitudo gempa ≥ 5 SR. Pemilihan 2 sampel gempa laut dengan magnitudo gempa ≥ 5 SR diinspirasi oleh pernyataan Pulinets (2004) yaitu bentuk dan ukuran area yang menghasilkan medan listrik serta arah medannya akan berpengaruh terhadap ketidakstabilan yang terjadi, dengan demikian gempa dengan magnitudo yang besar akan menyebabkan gangguan yang signifikan.

Waktu pengamatan prekursor gempa bumi adalah 7 hari sebelum gempa bumi dan 7 hari setelah gempa bumi. Pengamatan pada 7 hari sebelum gempa bumi ini berdasarkan pernyataan Pulinets dan Legen'ka (2003) menyatakan bahwa prekursor biasanya teramati lima hari hingga beberapa jam sebelum gempa, dan beberapa sumber lain mengatakan prekursor muncul seminggu sebelum gempa. Waktu pengamatan 7 hari setelah gempa bumi ini untuk melihat bahwa setelah terjadinya gempa bumi, ketinggian semu lapisan F ($h'F$) berada pada keadaan normalnya.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menganalisis ionogram dari ionosonda FMCW (*Frequency Modulation Continuous Wave*) yang berada di LAPAN LPA Kototabang, Kabupaten Agam dengan data tanggal ionogram untuk masing-masing gempa seperti pada Tabel 1. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung jarak lokasi Ionosonda yaitu Kototabang ke masing-masing lokasi episenter gempa dihitung dengan menggunakan *Latitude/Longitude Distance Calculator* di alamat website : <http://www.nhc.noaa.gov/gccalc.shtml>. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung luas zona persiapan gempa dengan menggunakan persamaan 1.

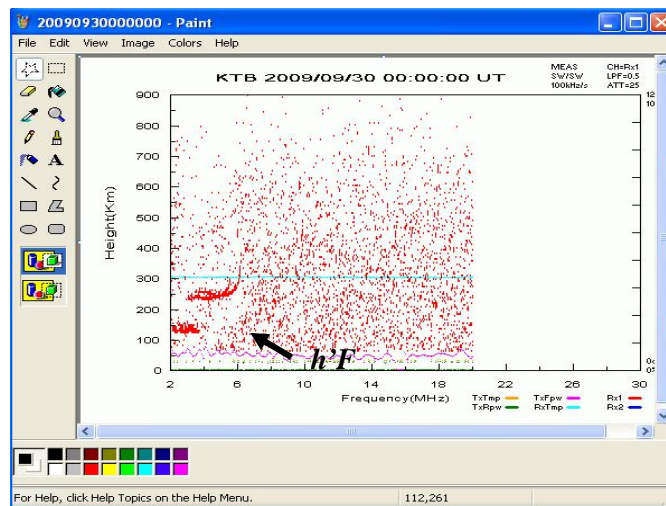
Tabel 1. Data tanggal Ionogram yang dibutuhkan untuk masing-masing sampel gempa

No.	Lokasi Gempa	Tanggal Gempa	M (SR)	Ionogram yang Dibutuhkan
1.	Pariaman	30 September 2009	7,6	23 September 2009 – 07 Oktober 2009
2.	Pesisir Selatan	07 Februari 2013	5,6	31 Januari 2013 – 14 Februari 2013

$$\rho = 10^{0,43M} \quad (1)$$

dengan keterangan, ρ adalah radius zona persiapan gempa (km) dan M adalah magnitudo gempa (SR). Luas zona persiapan gempa akan berpengaruh pada perubahan fisis dan kimiawi yang terjadi (Pulinets, et al., 2003; Pulinets, et al., 2004; Tsolis, et al., 2009).

Selanjutnya, proses *scaling* ionogram dilakukan dengan membuka data ionogram menggunakan *Microsoft Paint* dan mengarahkan *cursor* pada titik horizontal terendah dari jejak lapisan F seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Proses *scaling* ionogram menggunakan *Microsoft Paint*

Untuk memperoleh nilai variasi harian $h'F$ hasil *scaling* $h'F$ diolah menggunakan Persamaan 2 (Jiyo, 2008).

$$h(y) = 3(340 - y) \quad (2)$$

Dengan keterangan, y adalah koordinat piksel dari $h'F$. *Scaling* $h'F$ dilakukan untuk ionogram setiap 5 menit, dan nilai piksel pada sumbu- y dicatat dan dimasukkan ke Persamaan 2 untuk mendapatkan variasi harian $h'F$ dan langkah ini diulangi untuk setiap ionogram.

Setelah diperoleh nilai variasi harian $h'F$, dilakukan perhitungan nilai median $h'F$ menggunakan *Microsoft Excel* dan selanjutnya nilai deviasi $h'F$ untuk setiap waktu dihitung dengan menghitung selisih antara nilai variasi harian $h'F$ terhadap nilai mediannya. Nilai standar deviasi juga dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum (h'F_i - \overline{h'F})^2}{n-1}} \quad (3)$$

dengan keterangan, σ_h adalah standar deviasi harian, $h'F_i$ adalah ketinggian semu lapisan F (km) untuk setiap waktunya, $\overline{h'F}$ adalah nilai rata-rata harian $h'F$ untuk suatu waktu yang sama, dan n adalah banyak data $h'F$ dalam 15 hari pengamatan. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap nilai deviasi rata-rata untuk keseluruhan nilai deviasi. Nilai batas atas $h'F$ diperoleh dari menjumlahkan nilai median untuk masing-masing waktu dengan nilai rata-rata standar deviasi selama 15 hari pengamatan. Nilai batas bawah diperoleh dari menghitung selisih nilai median untuk masing-masing waktu dengan nilai rata-rata standar deviasi selama 15 hari pengamatan.

Anomali $h'F$ ditandai dengan nilai $h'F$ yang melebihi nilai batas atas $h'F$ atau batas bawah $h'F$. Waktu munculnya anomali $h'F$ kemudian dilanjutkan dengan peninjauan terhadap badai magnetik yang dilakukan dengan menganalisis plot data Indeks Dst yang diperoleh dari *World Data Center C-2 Kyoto University*, Jepang, dengan alamat website : <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst/dir/>. Peninjauan terhadap aktivitas matahari dilakukan dengan menganalisis grafik *X-Ray Solar Flare* yang diperoleh dari *Space Weather Prediction Center*

(SWPC) dengan alamat website : <http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/warehouse.html>. Sehingga, anomali $h'F$ dapat dipastikan merupakan akibat dari gempa bumi.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Jarak Episenter Gempa ke Ionosonda Kototabang dan Luas Zona Persiapan Gempa

Jarak masing-masing episenter gempa ke ionosonda Kototabang yang dihitung menggunakan *Latitude/Longitude Distance Calculator* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Luas zona persiapan gempa yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 Jarak episenter gempa ke ionosonda Kototabang

No.	Lokasi Gempa	Episenter Gempa	Lokasi Ionosonda KTB	Jarak (km)
1.	Padang Pariaman	0,84 LS – 99,65 BT	0,30 LS - 100,35 BT	98
2.	Pesisir Selatan	1,51 LS – 100,18 BT	0,30 LS - 100,35 BT	136

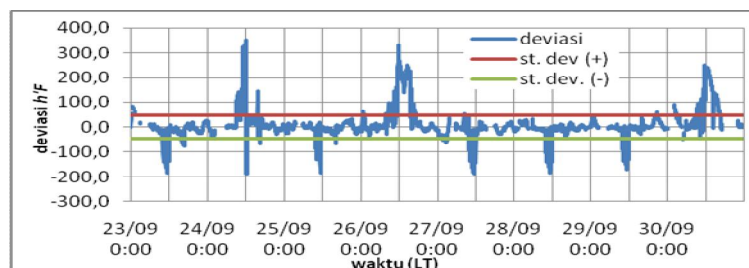
Tabel 3 Luas zona persiapan gempa

No	Lokasi Gempa	Tanggal	Jam (WIB)	Episenter	Kedalaman (km)	Magnitudo (SR)	Luas Zona Pesiapan Gempa (km)
3	Padang Pariaman	30/09/2009	17.16	0,84 LS – 99,65 BT	71	7,6	1853,5
5	Pesisir Selatan	07/02/2013	05.12	1,51 LS – 100,18 BT	10	5,6	255,8

Secara teori, luas zona persiapan gempa akan berpengaruh pada perubahan fisis dan kimiawi yang terjadi (Pulinets, et al., 2003; Pulinets, et al., 2004; Tsolis, et al., 2009). Karena jarak masing-masing episenter gempa ke ionosonda KTB (Tabel 1) masih berada dalam radius zona persiapan gempa (Tabel 2) maka secara teori lapisan ionosfer yang berada pada lokasi ionosonda di Kototabang juga mengalami perubahan fisis dan kimiawi yang diakibatkan oleh masing-masing sampel gempa bumi. Pernyataan secara teoritis ini melanjutkan langkah menuju tahap pencarian waktu munculnya prekursor yang dapat dilihat pada plot ketinggian (km) terhadap waktu Lintang Time (LT) untuk masing-masing sampel gempa bumi pada penjelasan analisis anomali $h'F$.

3.2 Deviasi $h'F$ untuk Gempa Pariaman Tanggal 30 September 2009

Plot nilai deviasi dan nilai standar deviasi untuk tanggal 23 – 30 September 2009 dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.

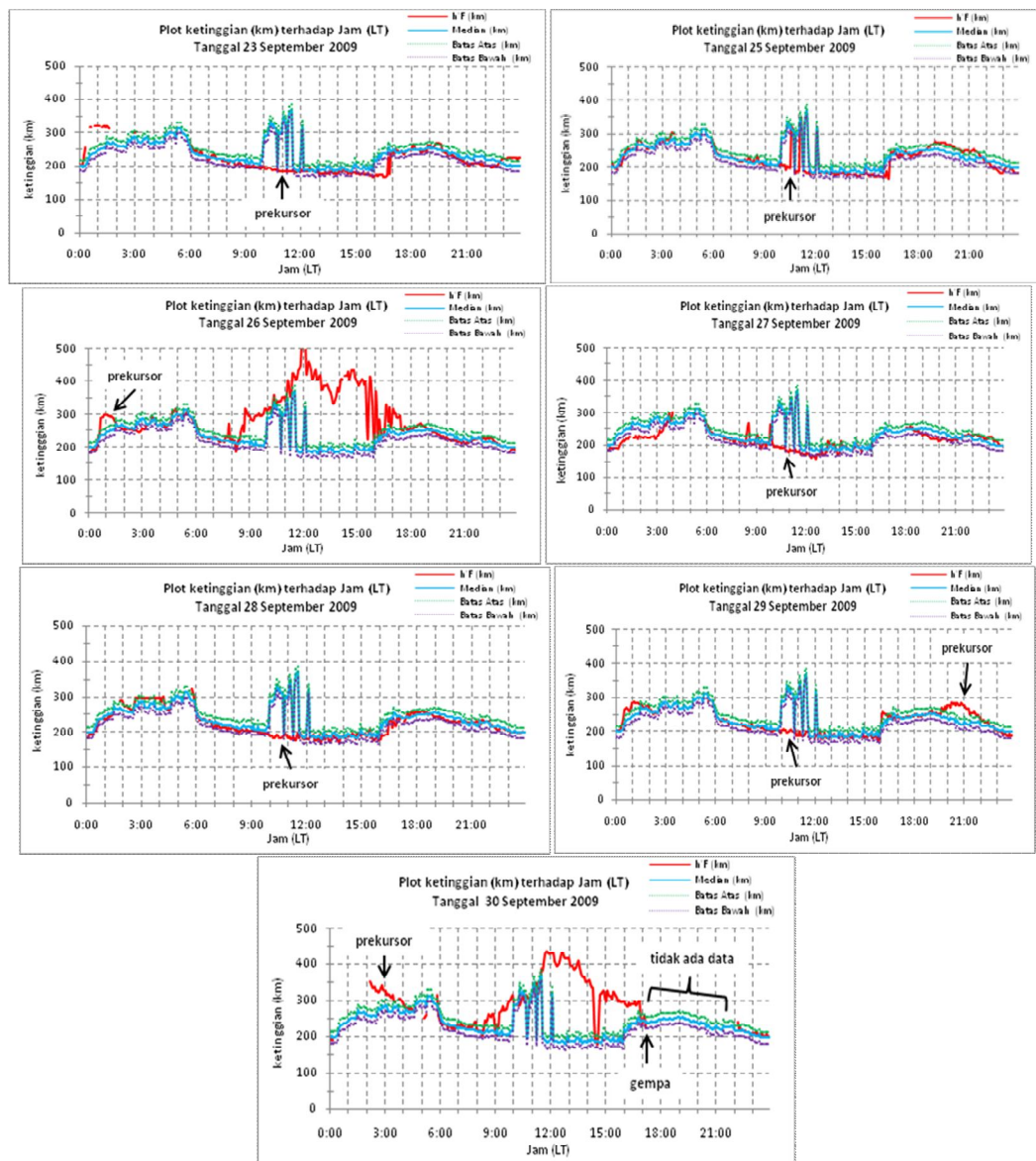


Gambar 1 Plot deviasi dan standar deviasi tanggal 23 – 30 September 2009 untuk gempa Pariaman tanggal 30 September 2009.

Pengamatan terhadap Gambar 1 memberikan petunjuk bahwa terjadi deviasi yang melebihi standar deviasi yang signifikan pada tanggal 23, 25, 26, 27, 28, 29 dan 30 September 2009. Pada tanggal 23 September 2009 pukul 10.50 – 11.35 WIB, $h'F$ mencapai ketinggian minimum yaitu 183 km yang biasanya berada pada ketinggian 369 km. Pada pukul 10.50 – 11.35, seharusnya $h'F$ mengalami kenaikan karena kuatnya pengaruh intensitas matahari. Akan tetapi, $h'F$ justru mengalami deviasi negatif yang telah melebihi batas bawah $h'F$, sehingga

deviasi negatif ini diduga merupakan anomali. Anomali $h'F$ Pada tanggal 23 September 2009 pukul 10.50 – 11.35 WIB direkomendasikan sebagai waktu awal munculnya prekursor gempa Pariaman tanggal 30 September 2009.

Pada tanggal 26 September 2009, terjadi deviasi positif pada pukul 00:40 – 01.25 WIB dengan $h'F$ mencapai ketinggian hingga 300 km. Deviasi positif ini direkomendasikan sebagai prekursor gempa. Pada tanggal 27 September 2009, deviasi negatif terjadi pada pukul 09.50 – 12.40 WIB. Deviasi negatif maksimum adalah -189 dengan ketinggian $h'F$ minimum adalah 159 km pada pukul 11.25 WIB. Penurunan nilai $h'F$ yang telah melebihi nilai batas bawah $h'F$ ini dianggap sebagai sebuah anomali dan direkomendasikan sebagai prekursor gempa. Grafik Anomali $h'F$ untuk gempa Pariaman dapat dilihat pada Gambar 2.



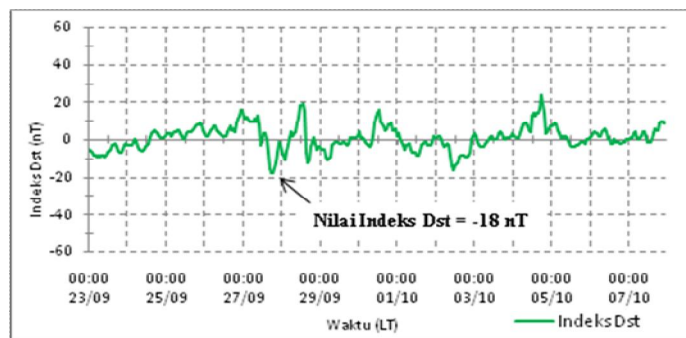
Gambar 2 Grafik prekursor Gempa Pariaman Tanggal 30 September 2009.

Pada tanggal 28 September 2009 terjadi deviasi negatif pada pukul 09.50 – 11.30 WIB. Deviasi negatif maksimum adalah -186 dan ketinggian $h'F$ minimum adalah 177 km. Deviasi negatif ini juga direkomendasikan sebagai prekursor gempa. Deviasi negatif kembali terjadi keesokan harinya yaitu tanggal 29 September 2009 pada waktu yang sama, yaitu pukul 09.55 – 11.30. Penurunan nilai $h'F$ yang terjadi pada pukul 09.55 – 11.30 WIB ini juga telah melebihi nilai batas bawah $h'F$ seperti yang terjadi pada hari-hari sebelumnya. Selain deviasi negatif,

pada tanggal 29 September juga terjadi deviasi positif pada pukul 19.50 – 22.10 WIB dengan nilai deviasi maksimum adalah 49,5. Pada pukul 20.15 WIB, $h'F$ mencapai ketinggian maksimum yaitu 285 km. Deviasi positif yang terjadi pada pukul 19.50 – 22.10 WIB ini telah melebihi nilai batas atas $h'F$ sehingga dianggap sebagai sebuah anomali dan direkomendasikan sebagai prekursor gempa.

Tanggal 30 September 2009 terlihat deviasi positif pukul 02.10 – 04.05 WIB dengan ketinggian $h'F$ maksimum adalah 351 km pada pukul 02.10 WIB. Deviasi positif yang terjadi pada waktu ini, diduga merupakan kelanjutan deviasi positif yang terjadi pada hari sebelumnya. Nilai $h'F$ yang telah melebihi nilai batas atas $h'F$ ini dianggap sebagai sebuah anomali dan kembali direkomendasikan sebagai prekursor gempa.

Keseluruhan anomali $h'F$ untuk tanggal 23, 25, 26, 27, 28, 29 dan 30 September 2009 ini dapat direkomendasikan menjadi prekursor gempa, karena terjadi diluar adanya pengaruh dari aktivitas geomagnetik dan *X-Ray solar flare*. Aktivitas geomagnetik selama 7 hari sebelum dan 7 hari setelah gempa Pariaman dapat dilihat pada Gambar 3.

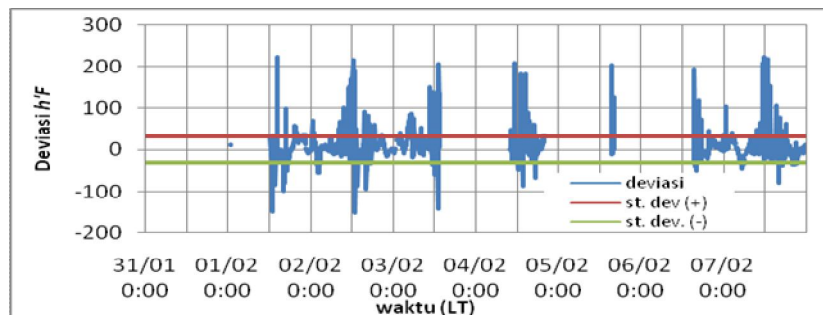


Gambar 3 Plot indeks Dst Tanggal 23 September – 07 Oktober 2009 untuk Gempa Pariaman Tanggal 30 September 2009.

Badai geomagnetik ditandai dengan nilai indeks Dst yang lebih kecil dari -50 nT (<-50 nT). Gambar 3.3 menunjukkan bahwa tidak terdapat nilai indeks Dst yang lebih kecil dari -50 nT dan ini berarti bahwa tidak selama 7 hari sebelum gempa Pariaman, 30 September 2009, tidak terdapat badai geomagnetik yang menyebabkan anomali $h'F$. Untuk aktivitas matahari yang mengganggu $h'F$ ditandai dengan terjadinya badai matahari yang mencapai kelas-X atau disebut juga *X-Ray solar flare*. Selama 7 hari sebelum gempa Pariaman tidak terjadi badai matahari yang mencapai kelas-X yang terlihat pada grafik yang diunduh dari alamat : <http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/warehouse.html>.

3.3 Deviasi $h'F$ untuk Gempa Pesisir Selatan Tanggal 07 Februari 2013

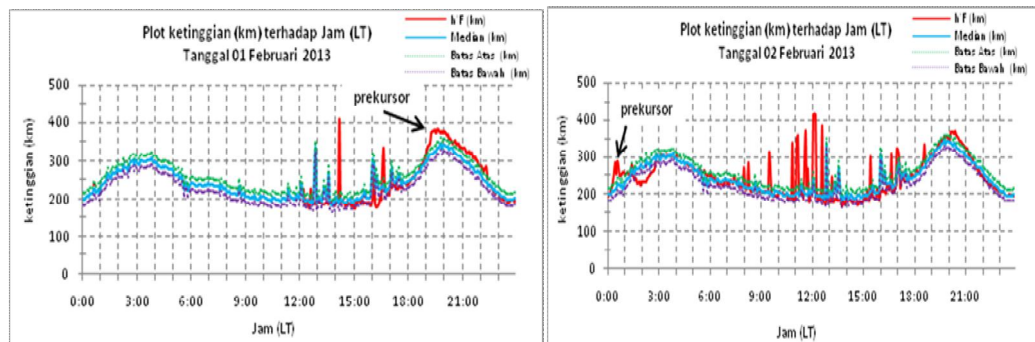
Plot nilai deviasi dan nilai standar deviasi untuk tanggal 31 Januari – 07 Februari 2013 dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 dapat terlihat bahwa terjadi deviasi positif pada tanggal 01 Februari 2013 pada pukul 19.00 – 22.15 WIB dan tanggal 02 Februari 2013 pukul 00.20 – 01.10 WIB.



Gambar 4 Plot deviasi dan standar deviasi tanggal 31 Januari – 07 Februari 2013 untuk gempa Pesisir Selatan tanggal 07 Februari 2013.

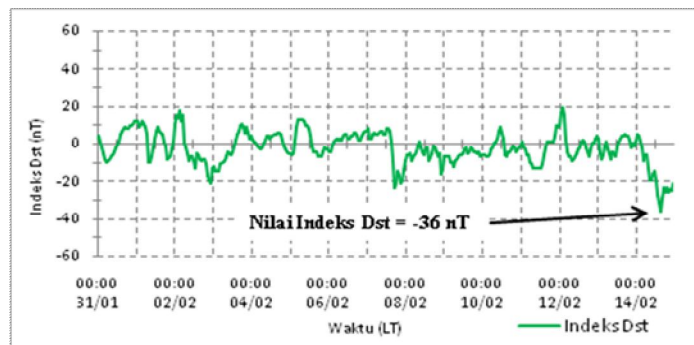
Tanggal 01 Februari 2013 terjadi deviasi positif pada pukul 19.00 – 22.15 WIB dengan nilai deviasi positif maksimum adalah 58,5 dan pada pukul 19.35 – 19.40 WIB, $h'F$ mencapai nilai maksimum yaitu 384 km dengan nilai median biasanya adalah 334 km. Selain telah melebihi nilai median, $h'F$ ini juga telah melebihi nilai batas atas $h'F$. Nilai $h'F$ yang telah melebihi batas atas $h'F$ ini merupakan pertanda bahwa $h'F$ telah mengalami anomali.

Deviasi positif kembali terlihat keesokan harinya yaitu tanggal 02 Februari 2013 pada pukul 00.20 – 01.10 WIB dengan nilai deviasi positif maksimum adalah 70,5. Pada pukul 00.00 – 01.10 WIB, nilai $h'F$ seharusnya mengalami penurunan karena tidak adanya intensitas matahari. Karena $h'F$ justru mengalami kenaikan, maka ini dianggap sebagai sebuah anomali. Anomali-anomali $h'F$ yang terjadi pada tanggal 01 dan 02 Februari 2013 direkomendasikan menjadi prekursor gempa, karena terjadi diluar adanya pengaruh dari aktivitas geomagnetik dan *X-Ray solar flare*. Grafik prekursor Gempa Pesisir Selatan Tanggal 07 Februari 2013, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik prekursor Gempa Pesisir Selatan Tanggal 07 Februari 2013.

Keseluruhan anomali $h'F$ untuk tanggal 01 dan 02 Februari 2013 ini dapat direkomendasikan menjadi prekursor gempa, karena terjadi diluar adanya pengaruh dari aktivitas geomagnetik dan *X-Ray solar flare*. Aktivitas geomagnetik selama 7 hari sebelum dan 7 hari setelah gempa Pesisir Selatan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Plot indeks Dst Tanggal 31 Januari – 14 Februari 2013 untuk Gempa Pesisir Selatan Tanggal 07 Februari 2013.

Badai geomagnetik ditandai dengan nilai indeks Dst yang lebih kecil dari -50 nT (<-50 nT). Gambar 6 menunjukkan bahwa tidak terdapat nilai indeks Dst yang lebih kecil dari -50 nT dan ini berarti bahwa tidak selama 7 hari sebelum gempa Pesisir Selatan, 07 Februari 2013, tidak terdapat badai geomagnetik yang menyebabkan anomali $h'F$. Untuk aktivitas matahari yang mengganggu $h'F$ ditandai dengan terjadinya badai matahari yang mencapai kelas-X atau disebut juga *X-Ray solar flare*. Selama 7 hari sebelum gempa Pesisir Selatan tidak terjadi badai matahari yang mencapai kelas-X yang terlihat pada grafik yang diunduh dari alamat : <http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/warehouse.html>.

3.4 Perbandingan Kasus

Kedua sampel gempa laut yang digunakan yaitu gempa Pariaman tanggal 30 September 2009 ($M = 7,6$ SR) dan gempa Pesisir Selatan tanggal 07 Februari 2013 ($M = 5,6$ SR) memiliki kesamaan dalam waktu awal kemunculan prekursor yaitu 7 hari sebelum gempa terjadi dan hal ini telah bersesuaian dengan pernyataan Pulinets dan Legen'ka (2003) yang menyatakan bahwa prekursor biasanya teramati lima hari hingga beberapa jam sebelum gempa, dan beberapa sumber lain mengatakan prekursor muncul seminggu sebelum gempa. Jumlah kemunculan prekursor untuk gempa Pariaman ($M = 7,6$ SR) adalah sebanyak 7 kali dan jumlah ini lebih banyak dibandingkan dengan jumlah kemunculan prekursor untuk gempa Pesisir Selatan ($M = 5,6$ SR) yaitu sebanyak 2 kali. Hal ini telah bersesuaian dengan pernyataan Pulinets (2004) yaitu bentuk dan ukuran area yang menghasilkan medan listrik serta arah medannya akan berpengaruh terhadap ketidakstabilan yang terjadi, dengan demikian gempa dengan magnitudo yang besar akan menyebabkan gangguan yang signifikan. Prekursor gempa yang lebih banyak ini berkaitan dengan kekuatan gempa Pariaman yang besar sehingga menyebabkan zona persiapan gempa juga lebih luas (Pulinets, et al., 2003; Pulinets, et al., 2004; Tsolis, et al., 2009).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap 2 sampel gempa laut diperoleh kesimpulan bahwa kedua sampel gempa laut memiliki korelasi positif dengan anomali $h'F$. Gempa Pariaman tanggal 30 September 2009 ($M = 7,6$ SR), prekursor muncul pada tanggal 23, 25, 26, 27, 28 dan 29 September 2009 dan waktu awal kemunculan prekursor adalah 7 hari sebelum gempa. Gempa Pesisir Selatan tanggal 07 Februari 2013 ($M = 5,6$ SR), prekursor muncul pada tanggal 01 dan 02 Februari 2013 dan waktu awal kemunculan prekursor adalah 7 hari sebelum gempa. Total munculnya prekursor untuk gempa Pariaman sebanyak 7 kali dan untuk gempa Pesisir Selatan sebanyak 2 kali. Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan magnitudo kedua gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ednofri, 2009, Implementasi Metoda Case Based Reasoning untuk Mendukung Proses Scaling Data Ionogram Ionosonda (Studi Kasus : Ionosonda FMCW Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Kototabang, Kec. Palupuh, Ka. Agam, Sumatera Barat), *Tesis*, PPS FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ednofri dan Suhartini, 2008, Variasi Lapisan E dan F Ionosfer di Atas Kototabang, *Jurnal Sains Dirgantara*, Vol. 6, No.1, LAPAN.
- Jiyo, 2008, Metode Pembacaan Data Ionosfer Hasil Pengamatan Menggunakan Ionosonda FMCW, *Berita Dirgantara*, Vol. 2, No. 9, LAPAN, Bandung.
- Kaloka, S., Jiyo, Suhartini, S., Perwitasari, S., Mardiani, A. S., Dear, V. et al, 2010, Lapisan Ionosfer, Prediksi Frekuensi dan Teknis Komunikasi Radio (Jiyo, Ed), Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN, Bandung.
- Pulinets S. A., Legen'ka A. D., Gaivoronskaya T.V. dan Depeuv V. K., 2003, Main Phenomenological Features of Ionospheric Precursors of Strong Earthquake, *Jurnal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol. 65.
- Pulinets S. A., 2004, Ionospheric Precursors of Earthquake: Recent Advances in Theory and Practical Applications, Vol. 15, No. 3, TAO.
- Pulinets S. A., dan Boyarchuk K., 2004, *Ionospheric Precursors of Earthquakes*, Springer-Verlag, Berlin.
- Tsolis G. S., dan Xenos T. D., 2009, Seismo-ionospheric Coupling Correlation Analysis of Earthquakes in Greece Using Empirical Mode Decomposition, Vol. 16, Hal. 123-130, *Proseses Geophys.*, No-nlin.
- Yatini Y. C., Jiyo, Ruhimat M., 2009, Badai Matahari dan Pengaruhnya pada Ionosfer dan Geomagnet di Indonesia, *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, Vol. 4 No. 1, Hal. 17-24, LAPAN, Bandung.